

# 分布式专家系统在大坝安全管理中的应用研究

刘志辉<sup>1,3</sup>, 金炯球<sup>2</sup>, 付建萍<sup>1</sup>, 马生忠<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 综合信息矿产预测研究所, 吉林 长春 130026; 2. 广东省地质工程公司, 广东 广州 510210; 3. 山东工商学院 数学与信息科学学院, 山东 烟台 264005)

摘要: 介绍了一种基于 Internet 的分布式专家系统, 说明了分布式专家系统的出现和应用, 将会有利于解决专家系统中知识获取的瓶颈问题和降低复杂问题的求解难度。通过将其应用到水利信息化工程的大坝安全监测管理中, 实现了专家知识的全局共享和分布式问题求解。

关键词: 分布式专家系统; 安全监测; 知识获取

中图分类号: TV698.1<sup>+</sup>5; X924.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2004)01-0076-03

分布式系统是由多个相互连接的处理资源组成的计算系统, 在整个系统的控制下可以合作执行一个共同的任务, 最少依赖于集中的程序、数据或硬件。这些资源可以是物理上相邻的, 也可以是地理上分散的<sup>[1]</sup>。

人们认识到解决复杂的专业领域问题时集中式专家系统存在局限性。伴随着计算机网络技术、通信技术和并行程序设计取得的重要进展, 对专家系统的研究日益深入。分布式专家系统是基于网络的智能计算机系统。在该系统中, 数据库、知识库、推理机程序等均分布在计算机网络的各个结点上, 既无全局控制, 也无全局数据和知识存储, 由于在网络中没有一个结点拥有足够的数据和知识来进行推理、判断, 因此各结点需要交换部分数据、知识、求解的中间结果数据等信息, 相互协作来进行复杂的大规模领域问题的求解。在大型复杂的专家系统中, 由于领域中涉及多个专业问题, 所以不能仅仅依靠一个或两个专家的领域知识就能获得问题的解, 也不是单个数据库、知识库就能够提供足够的解决问题所需的知识与数据, 这时就可以采用多个知识库、数据库, 采用分布式的网络结构, 可以是局域网或者是广域网, 充分利用互联网的资源共享优势, 实现复杂问题的求解。

## 1 大坝安全监测管理的现状

我国从 20 世纪 80 年代起对水库大坝安全监测管理进行研究、应用, 进入 21 世纪, 随着计算机软硬件及网络通信技术的发展<sup>[2]</sup>, 国内多家单位均开发

了界面友好、形象直观、功能较强的系统。现有的大坝安全综合评价专家系统的建立主要有下面几步<sup>[3]</sup>: 通过访问有关专家、依据有关大坝安全法规、设计规范和专家知识等, 建立知识库和推理机; 综合应用这一领域的科研成果建立多功能的方法库; 结合具体工程, 及时整理和发现观测资料以建立工程数据库; 最后应用模式识别和模糊评判等手段, 对上述几个库由综合推理机进行调用, 将定量分析和定性分析结合起来, 对大坝安全状况进行综合分析和评价。

上述大坝安全监测专家系统主要是基于单机的, 在工程中应用的实例较多。它们多具有在线监测(数据的自动采集、传输、储存、处理和离线分析)等基本功能, 较少有在线监控和进行分布式数据处理和知识获取的功能。同时, 专家系统分析模块大多分布在单个机器上, 缺乏分布式综合处理能力。

## 2 分布式专家系统的结构

文中所讨论的大坝安全评价分布式专家系统, 是基于网络的类型相同或相关而知识内容不同的专家系统组成的分布式专家系统。其总体结构见图 1。

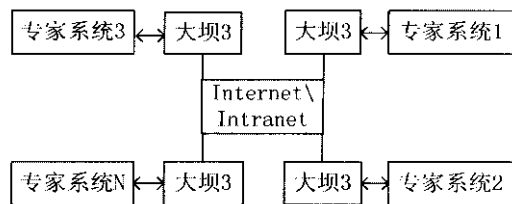


图 1 基于 Internet 的分布式专家系统结构

其构成遵循如下的原则<sup>[4]</sup>:几个专家系统的推理机及知识库的知识表现相同,知识库的知识内容不同;本地专家系统遇到不能解决的问题时,能向网上的其他专家系统求助,从其他专家系统获取新知识后能根据预先定义的学习策略对本地专家系统的知识库进行更新;当一个专家系统收到帮助请求时,能根据一定的帮助策略提供帮助;各个专家系统主要通过 TCP/IP 协议实现信息包的传送,并依约定的规则进行解释。

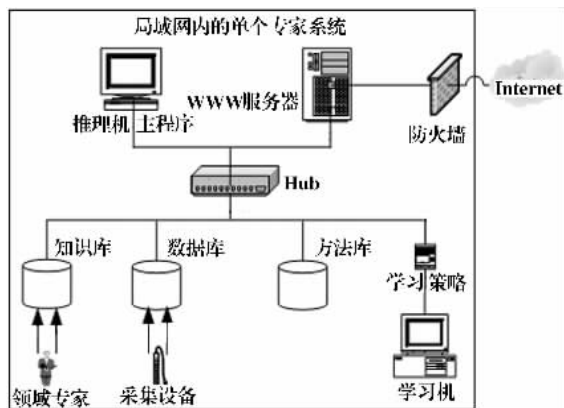


图2 单个专家系统的系统结构

单个专家系统的结构如图2所示。其中,学习策略主要是指在知识库中开辟一定比例的空间存放新知识,当空间被新知识占满后,采用最近最少使用原则替换库中的新知识,这样就可以保证推理机从Internet网上获得的总是新知识。而帮助策略则是指本地优先处理辅以异地延时处理的策略。

### 3 分布式专家系统在大坝安全中的应用

基于大坝安全监测的专家系统中,知识库的知识构成主要有各类规范性的知识和专家经验的启发性知识,由它们共同构成各类评判准则。其数据库分为原始数据库、工程数据库、预处理库、分析成果库等,原始数据库主要存放人工采集、半自动采集和自动化采集的数据,巡视检查的记录及知识和资料等。工程数据库主要存放的是与各种工程有关的设计简图和监测仪器布置图、各种监测设施的施工竣工图、依据监测资料绘制的过程线图、相关图等。预处理库主要存放经过预处理、整理或初步分析的数据。分析成果库存放的是观测资料的分析成果和反分析成果等。推理机的推理机制则是依据大坝安全评判的思维过程采用了综合多级推理方式,即采用目标决策分析推理方法结合正反向推理的方法,具体流程为根据知识库中的评判准则鉴别各个观测量的测值性质,若为疑点则应用演绎推理方式进行成

因分析识别其性质,若识别为异常再对其进行物理成因分析和定量分析,如果找不到成因就进入专家综合评判程序。通过这种推理方式,可以减少检索的知识规则数量和提高推理速度。

分布式大坝安全监测专家系统中,建立的本地单个专家系统的推理机、学习机、知识库等各子模块也可以相互分离,构成处于局域网络的不同节点的分布式系统。通过建立一个中间服务器,存放各地专家系统的网络地址,这样不同的专家系统通过简单的通信和解释机制就可以实现知识获取、帮助解释等功能,实现对某一问题的联合求解和推理<sup>[5]</sup>。

本地安全专家系统由系统的监控信息进行驱动,结合本地知识库的规则对信息进行识别并产生起始论据,引导推理机进行工作。而推理机检索知识库中的推理规则,依据相应的规则展开演绎推理。根据推理的结果做出安全管理的决策支持,得出的方案经过专家审批或系统的自动鉴别程序,实现单个系统的自动控制管理。当单个专家系统中知识库的知识不足以得出合理的推理判断时,根据预先设定的网络地址本地系统的推理机自动驱动求知模块,向其它专家系统的帮助解释模块发出请求,获取其知识库中的满足要求的近似规则知识。通过这种方式实现多个专家系统的学习合作和联合求解,从而解决单个专家知识库知识获取不全面、推理不充分等因素,最终实现对大坝的综合评价和安全管理。

本分布式专家系统的应用平台基于Windows系列操作系统,程序开发采用了C++和lisp语言,数据库开发采用了SQL Server2000。

本分布式专家系统适用于对分布范围广的大型水利工程进行安全监控管理,适合于省级水利工程信息中心对分布各地的多座水库大坝进行集中安全监测管理。福建省大坝安全专家系统采用此类结构取得了较好的安全监测效果<sup>[6]</sup>。

### 4 结束语

随着对大坝安全监测技术的实时性、智能性要求的提高,将分布式专家系统技术引入大坝安全监测领域,必将得到各个方面的广泛重视。笔者经过对分布式专家系统技术的研究,结合大坝安全监测的特点,探讨了分布式专家系统在大坝安全监测中的应用,认为:分布式专家系统模拟人类领域的专家群体,对问题作出专家级水平的回答,其本质是一类知识系统。对大坝安全监控如此庞大的工程,借助专家系统技术和网络技术,将专家知识归类整理成

计算机能够识别的语言和推理策略,通过一定的学习及帮助策略,实现对大坝安全的实时监控,有着极其重要的经济和科研价值。但是,由于分布式专家系统的研究还属于起步阶段,在其学习策略和多系统的协作上还有很多不足之处。在今后的研究中,如果能结合人工智能的其它技术,其发展和应用必将会更上一个台阶。

#### 参考文献:

[1] 鞠九滨. 分布式计算系统[M]. 北京:高等教育出版社,1994.

- [2] 邢林生. 我国水电站大坝安全评价的新进展[J]. 水力发电, 2002, (7):64-67.
- [3] 吴中如, 顾冲实, 胡群革, 等. 综论大坝安全综合评价专家系统[J]. 水电能源科学, 2000, 18(2):2-5.
- [4] 谭振强, 陈莘萌, 李立宇, 等. 一种分布式专家系统设计[J]. 计算机工程, 1999, 25(11):15-16.
- [5] James Rumbaugh. Object-Oriented Modeling and Design[M]. New Jersey:Prentice-Hall International, 1991, 17-20.
- [6] 赵斌, 吴中如, 沈振中. 基于网络环境的大坝安全监测专家系统的开发[J]. 河海大学学报, 1999, 27(4):68-72.

## THE APPLICATION OF THE DISTRIBUTED EXPERT SYSTEM TO DAM SAFETY ASSESSMENT

LIU Zhi-hui<sup>1,3</sup>, JIN Jiong-qiu<sup>2</sup>, FU Jian-ping<sup>1</sup>, MA Sheng-zhong<sup>1</sup>

(1. Institute of Mineral Resource Prediction of Synthetic Information, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Geological Engineering Company of Guangdong Province, Guangzhou 510210, China; 3. School of Mathematics & Information Science, Shandong Institute Business and Technology, Yantai 264005, China)

**Abstract:** In this paper, the distributed expert system (DES) based on Internet is described. The construction and application of DES will help to solve the bottle-neck problem of knowledge acquiring and reduce the difficulty of complicated problems. In the application of DES to the dam safety assessment, the experts knowledge sharing in Internet and the distributed problem solving seem to be the key factors, which would decide whether the DES could solve the problem or not.

**Key words:** Distributed expert system; safety assessment; knowledge acquiring

作者简介: 刘志辉(1972-),男,吉林大学地球探测科学与技术学院在读博士生,研究方向为专家系统、分布式人工智能和决策支持系统,长期从事专家系统和决策支持系统的研究,发表论文数篇。